ÉQUATIONS DE MASSE POUR LA PORTION ÉPIGÉE DE SIX ESSENCES DE FEUILLUS DANS DES PEUPLEMENTS NATURELS DE LA FORÊT EXPÉRIMENTALE DE PETAWAWA

I.S. Alemdag

87-01478/

ÉQUATIONS DE MASSE POUR LA PORTION ÉPIGÉE DE SIX ESSENCES DE FEUILLUS DANS DES PEUPLEMENTS NATURELS DE LA FORÊT EXPÉRIMENTALE DE PETAWAWA

I.S. Alemdag

Institut forestier national de Petawawa
Chalk River (Ontario) Canada

Service canadien des forêts
Environnement Canada

Rapport d'information PI-X-6(F)

1981

Publication autorisée par le ministre,
Environnement Canada

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1981
N° de catalogue Fo46-11/6-1981F
ISSN 0228-0736
ISBN 0-662-90893-7

Des exemplaires de cette publication peuvent
être obtenus à l'adresse suivante:

Centre de distribution des publications
Institut forestier national de Petawawa
Environnement Canada
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0

This publication is available in English
under the title *Aboveground-Mass Equations for Six Hardwood Species from Natural Stands of the Research Forest at Petawawa*

Résumé

La masse anhydre de la portion épigée des différentes parties et de la totalité des arbres appartenant à six espèces de feuillus a été mesurée dans des peuplements naturels de la forêt expérimentale de l'Institut forestier national de Petawawa, dans l'est de l'Ontario. On a divisé le terrain en dix-huit parcelles, et on a coupé et pesé avant et après séchage à l'étuve 197 arbres présentant un diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 0,1cm. On a aussi mesuré la masse volumique du bois. On a élaboré des équations de régression donnant la masse anhydre d'arbres individuels cultivés en forêt, selon les différentes parties et en fonction du diamètre à hauteur de poitrine sur écorce et de la taille. On a aussi établi des relations entre les divers paramètres de masse des arbres. En outre, on a calculé la valeur moyenne de la masse anhydre des peuplements. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux.

Abstract

Aboveground ovendry masses of tree components and total trees for six hardwood species from natural stands were studied at the Petawawa National Forestry Institute's research forest in eastern Ontario. Eighteen sample plots were measured, and 197 sample trees 0.1 cm and greater in diameter at breast height outside bark were cut, weighed, and processed for their ovendry mass. Wood densities were also taken. Regression equations based on tree variables of diameter at breast height outside bark and height were developed for the ovendry mass of forest-grown individual trees by components. Relationships among various parameters of tree mass were also established. In addition, average ovendry mass of stands was calculated. Results were summarized in tables.

Table des matières

Résumé/Abstract iii

Introduction 1

Station étudiée 1

Méthodes
- Travaux sur le terrain 1
- Travaux en laboratoire 2
- Calculs de base 2

Analyses
- Masse anhydre des parties et de la totalité d'un arbre 2
- Rapports entre la masse anhydre des parties et la masse anhydre de la totalité d'un arbre 3
- Rapports entre la masse anhydre et la masse verte des parties et de la totalité d'un arbre 3
- Masse volumique du bois 3
- Masse anhydre des peuplements 3

Résultats et discussion 4

Références 10

Liste des tableaux

1. Données de base pour les arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm 2
2. Équations pour prévoir la masse anhydre des arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm 5
3. Pourcentage de masse anhydre pour les arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm 6
4. Rapports masse anhydre/masse verte des arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm 6
5. Masse volumique moyenne du bois des arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm 7

6*a*. Composition moyenne de la sous-classe Chêne rouge–Bouleau à papier d'arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce est égal ou supérieur à 9,1 cm 8

6*b*. Composition moyenne de la sous-classe Tremble–Érable–Bouleau à papier d'arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce est égal ou supérieur a 9,1 cm 8

7*a*. Distribution du nombre d'arbres et de la masse anhydre des arbres entiers en fonction de leur diamètre à hauteur de poitrine sur écorce pour la sous-classe Chêne rouge–Bouleau à papier 9

7*b*. Distribution du nombre d'arbres et de la masse anhydre des arbres entiers en fonction de leur diamètre à hauteur de poitrine sur écorce pour la sous-classe Tremble–Érable–Bouleau à papier 10

ÉQUATIONS DE MASSE POUR LA PORTION ÉPIGÉE DE SIX ESSENCES DE FEUILLUS DANS DES PEUPLEMENTS NATURELS DE LA FORÊT EXPÉRIMENTALE DE PETAWAWA

I.S. Alemdag

Introduction

Étant donné la pénurie de combustible prévue, la *biomasse forestière* est appelée à devenir une importante source d'énergie pour le Canada. Cette biomasse représente la quantité, exprimée en masse,[1] de matière vivante constituant la végétation de la forêt. Ici, le mot biomasse ne désigne que la partie épigée, c-à-d. aérienne des arbres et arbustes. Dans ce contexte, on peut aussi le définir comme étant de l'énergie solaire transformée en substances végétales. La productivité et le taux de croissance de la forêt dont elle provient sont indispensables à l'aménagement à long terme de la biomasse forestière. Il faut d'abord déterminer la productivité individuelle des arbres des diverses essences commercialisables et non commercialisables. Par cette étude, on veut contribuer aux données déjà disponibles, en établissant les équations de masse anhydre des différentes parties aériennes d'arbres individuels cultivés en forêt et de calculer la masse anhydre moyenne de la portion épigée de peuplements naturels constitués de feuillus mélangés. On a étudié les essences suivantes dans une région de l'est de l'Ontario: le Tremble (*Populus tremuloides* Michx.), le Bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), l'Érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), l'Érable rouge (*Acer rubrum* L.), le Chêne rouge (*Quercus rubra* L.), l'Ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana* [Mill.] Koch).

Station étudiée

L'étude a été effectuée dans la forêt expérimentale de l'Institut forestier national de Petawawa située à 45°58'N et 77°32'W à Chalk River, en Ontario. À cet endroit, les peuplements de feuillus constitués de diverses essences tolérantes et non tolérantes qui ont servi d'échantillons sont naturels, ont atteint leur maturité et sont bien fournis, en bonne santé et d'âges variés; ils croissent sur des sols peu profonds sur tills. La qualité de la station est variable, allant de sèche à fraîche selon la classification de Hills (Hills et Pierpoint, 1960). Parmi les espèces ligneuses aussi présentes dans cette zone mais moins nombreuses, on compte: le Grand Tremble (*Populus grandidentata* Michx.), l'Épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss), l'Épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.), le Sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.), le Pin blanc (*Pinus strobus* L.), le Frêne noir (*Fraxinus nigra* Marsh.), le Hêtre américain (*Fagus grandifolia* Ehrh.), le Noisetier à long bec (*Corylus cornuta* Marsh.), le Cornouiller à feuilles alternes (*Cornus alternifolia* L.f.) et l'Amélanchier (*Amelanchier* spp.).

Méthodes

Travaux sur le terrain

On a recueilli les données de juin à août 1978 suivant la méthode établie dans un document déjà existant (Alemdag, 1980). On a divisé le terrain en dix-huit places-échantillons de 0,04 ha (20 m × 20 m), afin de pouvoir obtenir des données sur le peuplement et échantillonner pour chaque essence une série d'arbres de tailles aussi variées que possible. Dans chaque place-échantillon, tous les arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce (dhpse) était égal ou supérieur à 5,1 cm ont été classés suivant leur essence, leur dhpse, et leur hauteur totale (h). Deux placettes (5 m × 5 m et 2 m × 2 m) ont été choisies au hasard. Dans la première placette, tous les arbres vivants présentant un dhpse compris entre 0,1 cm et 5,0 cm inclusivement ont été dénombrés. Dans la seconde, on a divisé en deux groupes (0,31 m à 0,80 m et 0,81 m à 1,30 m) toutes les plantes ligneuses vivantes de taille inférieure ou égale à 1,30 m.

Le choix des arbres destinés à être pesés a été effectué en suivant la méthode d'échantillonnage par strates. Au moins deux échantillons de chaque espèce ont été prélevés par groupe de 5 cm de dhpse parmi tous les arbres de divers diamètres et de différentes hauteurs des 18 places-échantillons. On a coupé les arbres à environ 0,30 m du sol, et on a mesuré le diamètre, la hauteur sur leur tronc et le diamètre au ras du sol. On a séparé de la façon suivante les parties de chaque arbre: rameaux et feuilles, grandes et petites branches, branches mortes, tiers inférieur, tiers moyen et tiers supérieur des troncs commercialisables (troncs entiers dans le cas des arbres non commercialisables), et la cime. Ensuite, on a pesé immédiatement sur place la masse verte[2] (MV) de chaque partie, à 0,1 kg près, à l'aide d'une balance tensiométrique à lecture directe.

I.S. Alemdag est chercheur à l'Institut forestier national de Petawawa, Chalk River (Ontario) K0J 1J0.

Manuscrit de la version originale anglaise lu et approuvé, janvier 1980.

[1] Dans le présent rapport, le terme *masse* plutôt que le terme *poids* est employé conformément au *Guide de familiarisation au système métrique* (Association canadienne de normalisation, Rexdale, Ontario, 1979).

[2] *Masse verte* désigne la masse avant déshydratation à l'étuve.

Tableau 1. Données de base pour les arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm

		Diamètre à hauteur de poitrine sur écorce (cm)			Taille (m)			Masse verte (kg)		
	Nombre d'arbres	Moyenne	ET	Plage	Moyenne	ET	Plage	Moyenne	ET	Plage
Tremble	40	17,1	10,0	5,2–41,8	16,3	6,3	6,7–26,8	343,5	449,8	9,8–1490,5
Bouleau à papier	45	19,4	5,2	7,6–29,7	18,5	3,4	8,8–22,3	329,0	180,4	25,7– 773,2
Érable à sucre	17	13,4	6,1	5,1–27,1	12,9	3,6	7,3–18,0	150,9	161,3	9,5– 629,8
Érable rouge	24	14,3	5,1	5,8–25,8	12,9	2,7	8,0–20,2	122,8	108,5	17,1– 465,1
Chêne rouge	42	24,5	7,1	5,5–40,4	18,0	3,6	8,1–23,0	569,8	386,1	16,1–1512,3
Ostryer de Virginie	14	7,7	3,5	5,2–18,5	8,6	1,7	6,3–11,9	30,1	34,3	9,7– 131,9

Quatre échantillons en forme de disques ont été prélevés sur les troncs commercialisables: soit un à hauteur de poitrine (1,30 m) et trois au 1/3, aux 2/3 et à l'extrémité de la hauteur commercialisable. Quant aux arbres non commercialisables, on a prélevé deux échantillons à 1,30 m du sol et à mi-hauteur de l'arbre. On a aussi prélevé des échantillons de rameaux, de feuilles et de branches. Tous ces échantillons ont ensuite été envoyés au laboratoire dans des sacs hermétiques en polyéthylène. En tout, on a échantillonné 197 arbres de dhpse égal ou supérieur à 0,1 cm.

La moyenne, l'écart type et les plages de certaines variables caractéristiques des échantillons de dhpse égal ou supérieur à 5,1 cm sont donnés au tableau 1. Ce tableau montre que, pour l'ensemble des espèces, le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce s'échelonne de 5,1 cm à 41,8 cm, la hauteur totale, de 6,3 m à 26,8 m, et la masse verte de tout l'arbre, de 9,5 kg à 1512,3 kg.

Travaux en laboratoire

Dès leur réception au laboratoire, tous les échantillons non déshydratés (sauf les disques) ont été pesés sur une balance de précision. Un morceau de chacun des disques a été découpé pour déterminer la masse volumique du bois. Le volume vert de chaque morceau a été mesuré par déplacement d'eau.[3] Le reste des disques a été écorcé, pesé séparément, puis tous les échantillons, y compris les morceaux des disques, ont été séchés à 105°C ± 3°C dans une étuve ventilée pour obtenir leur masse anhydre (MA). Toutes les mesures ont été faites à 0,1 g près.

Calculs de base

Chaque échantillon a été traité séparément pour obtenir les données de base nécessaires à l'analyse. Les mesures comprenaient le volume intérieur et le volume extérieur du tronc exprimés en mètres cubes et les masses anhydre et verte du bois, de l'écorce, des branches, des rameaux et des feuilles, exprimées en kilogrammes. On a calculé les masses anhydres des différentes parties des arbres en multipliant le rapport de MA/MV pour chaque échantillon par la MV totale des parties. De même, on a établi la masse volumique du bois de chaque tronc selon le rapport (masse anhydre, en grammes)/(masse verte, en centimètres cubes). Toutes ces données, ainsi que les dimensions, ont été mises sur ordinateur.

Analyses

On a effectué une série d'analyses pour évaluer la masse anhydre des parties épigées des arbres et les rapports des masses anhydres d'arbres individuels, à partir des données particulières à chaque essence, car des tests statistiques avec certaines essences ou avec toutes les essences donnaient des résultats qui différaient de façon significative. On a aussi calculé la masse volumique moyenne du bois des espèces et la masse anhydre des peuplements.

On a élaboré des équations pour le bois et l'écorce des troncs, les branches vivantes, les tiges et les feuilles, et l'arbre tout entier. Le bois et l'écorce des troncs comprennent la souche et la cime, les branches vivantes comprennent l'écorce et le bois, et enfin l'arbre entier correspond ici à toutes les parties épigées excluant les branches mortes. Les variables indépendantes utilisées pour les analyses sont le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce (dhpse) et la hauteur totale de chaque arbre qu'il est facile de mesurer. Des explications concernant ces équations sont données ci-après.

Masse anhydre des parties et de la totalité d'un arbre

Dans un certain nombre d'études sur la biomasse, le rapport masse/hauteur d'arbres individuels est exprimé par les deux modèles suivants (Stanek et State, 1978), mais présentés sous forme logarithmique:

$$MA = a \cdot (dhpse)^b \quad (1)$$

$$MA = a \cdot (dhpse)^b \cdot h^c \quad (2)$$

[3] Cette opération a été effectuée dans les conditions de température de l'eau et de pression du laboratoire, et les résultats n'ont pas été ramenés à des conditions normales.

où

MA: masse anhydre des parties ou de la totalité de l'arbre
dhpse: diamètre à hauteur de poitrine sur écorce
h: hauteur totale de l'arbre
a: coefficient
b et c: exposants

Toutefois, l'utilisation de la forme logarithmique de ces équations présenterait des inconvénients majeurs pour prévoir la croissance des peuplements, surtout à cause des exposants qui varient d'une partie de la masse totale à une autre, pour une essence donnée. Ainsi, si jamais la somme des masses individuelles donnait la masse totale de l'arbre ce ne serait que par pure coïncidence. De plus, l'équation 1 est spécifique et ne peut être appliquée qu'aux peuplements d'où proviennent les échantillons. Pour dresser des inventaires à l'échelle régionale, il faut disposer d'équations réversibles donnant la masse à partir du dhpse et de la hauteur. Ces équations sont aussi essentielles pour prévoir la croissance des peuplements, car la croissance en hauteur est un facteur important du développement global, et ses effets sur la croissance du peuplement ne peut être déterminés qu'à partir d'équations réversibles. Voilà pourquoi on a préféré utiliser plutôt une simple équation linéaire de régression contenant les termes dhpse et h, pour les différentes parties et pour la totalité de l'arbre; on a donc vérifié les modèles suivants:

$$MA = b_0 + b_1 \cdot (dhpse)^2 + b_2 \cdot h + b_3 \cdot (dhpse)^2 \cdot h \quad (3)$$

$$MA = b_1 \cdot (dhpse)^2 + b_2 \cdot h + b_3 \cdot (dhpse)^2 \cdot h \quad (4)$$

$$MA = b_0 + b_1 \cdot (dhpse)^2 \cdot h \quad (5)$$

$$MA = b_1 \cdot (dhpse)^2 \cdot h \quad (6)$$

ou

MA: masse anhydre en kilogrammes
dhpse: diamètre à hauteur de poitrine sur écorce en centimètres
h: hauteur en mètres

Si on utilise chacune de ces équations pour toutes les parties de l'arbre et sans supprimer aucun terme, la somme est égale à la masse totale de l'arbre. À partir des équations 3 et 4, on a trouvé que la variable combinée $(dhpse)^2 \cdot h$ expliquait, en très grande partie, l'écart entre la masse anhydre du tronc et celle de tout l'arbre pour les six essences. Comme on suppose que la masse anhydre est négligeable lorsque le dhpse est égal à zéro, l'équation 6 a été choisie pour prévoir la masse anhydre des différentes parties et de l'ensemble d'un arbre présentant un diamètre égal ou supérieur à 5,1 cm. On a analysé séparément les arbres dont le diamètre s'échelonnait de 0,1 cm à 5,0 cm mais seulement pour la masse anhydre de l'ensemble des arbres. On a évalué la masse totale des plantes ligneuses dont la taille ne dépassait pas 1,30 m, en utilisant les données pour toutes les essences et en prenant la moyenne de plusieurs plantes pour les deux groupes de taille.

Rapports entre la masse anhydre des parties et la masse anhydre de la totalité d'un arbre

On a établi par régression les rapports entre la masse anhydre des parties et la masse anhydre de tout l'arbre en fonction des variables $(dhpse)^2$, dphse et h pour les arbres présentant un dhpse égal ou supérieur à 5,1 cm. On a essayé d'établir une relation semblable avec les rapports entre la masse anhydre des parties et la masse anhydre de la totalité de l'arbre et les rapports entre masse anhydre des parties et la masse anhydre du tronc en employant le même modèle de régression. En même temps, on a calculé ces derniers en utilisant (a) les rapports des coefficients b_1 de l'équation 6, et (b) les données originales sur la masse anhydre des arbres échantillonnés et en appliquant la formule suivante:

$$\text{Rapport} = \Sigma Y / \Sigma X \quad (7)$$

où

Y: masse anhydre des parties
X: masse anhydre de tout l'arbre ou du tronc.

Rapports entre la masse anhydre et la masse verte des parties et de la totalité d'un arbre

Il est parfois utile de connaître approximativement le taux d'humidité d'un arbre sous la forme du rapport entre la masse anhydre et la masse verte de ses différentes parties, la provenance des échantillons et le moment du prélèvement. En outre, l'utilisation de ces rapports permet de transformer facilement les données pour la masse verte et données pour la masse anhydre. Les analyses ont indiqué que ces rapports, ou facteurs de conversion, étaient constants pour chaque partie. On a donc calculé leur valeur moyenne pour des arbres de dhpse égal ou supérieur à 5,1 cm en appliquant l'équation 7, comme le proposent Snedecor et Cochran (1971): dans cette équation, Y représente la masse anhydre et X la masse verte des différentes parties et de la totalité d'un arbre.

Masse volumique du bois

On a mesuré, par classe de diamètre, la masse volumique du bois à quatre endroits sur les arbres de taille commercialisable et à deux endroits sur ceux de taille non commercialisable, afin d'obtenir la valeur moyenne pour l'ensemble du tronc de chaque arbre. Ces moyennes pour des arbres de dhpse égal ou supérieur à 5,1 cm ont été établies par régression à l'aide d'un modèle semblable à l'équation 3, après avoir remplacé le dhpse à la puissance 2 par le dhpse à la puissance 1. On a aussi calculé la masse volumique moyenne du bois de chaque essence.

Masse anhydre des peuplements

Pour calculer la valeur moyenne par unité de surface de la masse anhydre totale des peuplements échantillonnés, les places-échantillons ont été regroupées en sous-classes suivant la fréquence des essences dans la zone de base, exprimée en pourcentage. On a ainsi identifié deux sous-classes (a) celle du Chêne rouge et du Bouleau à papier, comprenant 11 places-échantillons, et (b) celle du Tremble, de l'Érable et du Bouleau à papier, comprenant 5 placés-échantillons. Pour chacune de ces sous-classes, on a ensuite dressé des tables de peuplement (appelées également tableaux d'inventaire) en prenant les moyennes des places-échantillons étudiées et en incluant les plantes ligneuses de taille inférieure à 1,31 m. La somme des masses anhydres de la portion épigée pour chaque groupe de

2,0 cm de diamètre, et le rapport MA/dhpse de chaque essence ont permis d'obtenir la masse totale du peuplement. La masse anhydre de l'Épinette noire, de l'Épinette blanche et du Sapin baumier est tirée d'une étude semblable sur les conifères, effectuée dans la même région. Pour le Grand Tremble et les autres espèces, on a utilisé la masse anhydre des espèces les plus proches. En outre, on a calculé la distribution de masse pour toute partie supérieure d'un groupe donné de dhpse, et ce, pour chaque espèce, de façon à mettre en évidence l'importance des différentes composantes de la structure des peuplements. En plus de ces opérations, la masse volumique d'un peuplement sur pied (MVP), qui indique la compacité de la matière organique sèche d'un peuplement donné, a été exprimée en masse anhydre par unité de volume de surface du peuplement (kg/m^3), en appliquant l'équation:

$$MVP = \frac{MA}{\text{surface} \times \text{hauteur dominante du peuplement}}$$

où

la masse anhydre (MA) est exprimée en kilogrammes,
la surface, en mètres carrés, et la hauteur dominante du peuplement, en mètres,

comme le proposent Kira et Shidei (1967).

Résultats et discussion

Dans le présent rapport, les équations utilisées pour les arbres dont le dhpse est supérieur à 5,0 cm ont été élaborées grâce à des variables facilement mesurables comme le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce et la taille, qui sont généralement disponibles lors d'inventaires forestiers. Ce sont de simples équations linéaires de régression qui sont utiles pour calculer la masse anhydre de la portion épigée d'arbres individuels cultivés en forêt (tableau 2). La masse du peuplement doit être obtenue au moyen de ces équations à partir des données sur le peuplement. On peut établir à partir de ces équations générales, des équations spécifiques après avoir tracé les courbes h/dhpse d'une espèce dans une zone donnée. Puisque le calcul de la masse totale d'un arbre individuel en établissant la somme de la masse de ses différentes parties ou en utilisant l'équation de masse de tout l'arbre donne le même résultat (se reporter au tableau 2 pour la valeur des moyennes et des coefficients) on peut employer l'une ou l'autre méthode suivant le but fixé ou les moyens disponibles.

Comme on l'a mentionné plus haut, la variable complexe $(dhpse)^2 \cdot h$ explique en très grande partie l'écart entre la masse anhydre du tronc et celle de tout l'arbre, peut-être à cause de l'étroite corrélation directe qui existe entre sa masse et son volume. Cette même variable revêt aussi une importance très significative pour la masse des différentes parties pour les six essences; cependant, comme l'indique le coefficient de détermination (r^2) et l'erreur type de l'évaluation (ETE%), l'équation 6 est plus précise si on l'applique à la masse du tronc ou de tout l'arbre plutôt qu'à la masse des autres parties. Par contre, en combinant certaines autres variables indépendantes, comme la masse volumique du bois du peuplement ou d'arbres individuels, avec la taille des arbres, la qualité de la station et l'âge, on pourrait sans doute obtenir de meilleurs résultats pour l'écorce du tronc, les branches, les rameaux et les feuilles.

On a établi l'équation suivante pour trouver la masse anhydre totale individuelle d'arbres dont la dhpse varie de 0,1 cm à 5,0 cm, quelle que soit leur essence:

$$MA = 0{,}030 + 0{,}024254 \cdot (dhpse)^2 \cdot h \qquad (8)$$

où MA, dhpse, et h correspondent aux valeurs définies plus haut. La masse anhydre des plantes ligneuses (arbre entier) de taille inférieure à 1,31 m peut être établie de la façon suivante:

Groupe de taille 1 = 0,008 kg/tronc
Groupe de taille 2 = 0,022 kg/tronc

Les régressions effectuées à l'aide des variables dhpse et h pour prévoir les rapports entre la masse anhydre des différentes parties de l'arbre et la masse anhydre du bois de tout l'arbre ou du bois du tronc n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Toutefois, leurs valeurs moyennes, calculées pour des arbres de tailles diverses d'après l'une ou l'autre des méthodes expliquées plus haut, peuvent être utilisées à des fins pratiques (tableau 3). Ces rapports peuvent aussi servir à déterminer la masse des différentes parties dans le cas où la masse anhydre du bois du tronc est calculée à partir de la masse volumique du bois et du volume du tronc écorcé des arbres individuels. On voit, au tableau 3, qu'en moyenne, le bois du tronc constitue environ 66 % de la masse anhydre de tout l'arbre, les branches, 17 %, l'écorce du tronc, 12 %, et les rameaux et les feuilles, 5 %. En moyenne, la souche et l'écorce correspondent à 9 % du bois du tronc ou 8 % du bois et de l'écorce du tronc.

La conversion en masse anhydre de la masse verte des différentes parties n'a posé aucun problème. Les rapports, ou facteurs de conversion s'échelonnaient, par exemple, de 0,552 à 0,661 pour le bois du tronc des six espèces (tableau 4). Ces facteurs servent aussi d'indice de la teneur en matière sèche et en eau des différentes parties des arbres. Par exemple, dan le cas de l'Érable à sucre, la masse verte du bois du tronc est formée de 66,1 % de matière sèche et de 33,9 % d'eau, ce qui donne un rapport matière sèche/eau de 1,95.

On a constaté que la corrélation entre la masse volumique du bois du tronc et les valeurs de dhpse et h étaient plus ou moins bonnes; on a donc jugé bon d'utiliser la masse volumique moyenne du bois de chaque espèce. Ces valeurs de la masse volumique (tableau 5) diffèrent légèrement de celles citées par Jessome (1977). Toutefois, les valeurs moyennes données dans le présent rapport sont supérieures de 0,029, 0,032, 0,036, et 0,045 pour le Bouleau à papier, le Tremble, l'Érable à sucre et l'Érable rouge respectivement, et inférieures de 0,015 pour le Chêne rouge. Ces variations peuvent être attribuables aux conditions locales ou aux tailles différentes des échantillons, et on peut donc les considérer comme négligeables.

Tableau 2. Équations pour prévoir la masse anhydre des arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm

Prévision:	b_1	r^2	ETE (%)	Moyenne (kg)	Plage (kg)
			Tremble (40 arbres)		
Bois du tronc	$1{,}4755 \cdot 10^{-2}$	0,988	14,6	128,6	3,2 – 549,2
Écorce du tronc	$3{,}8799 \cdot 10^{-3}$	0,971	23,2	33,3	1,1 – 160,3
Branches	$3{,}3181 \cdot 10^{-3}$	0,907	47,6	26,5	0,3 – 174,8
Rameaux et feuilles	$5{,}0703 \cdot 10^{-4}$	0,339	65,5	6,5	0,4 – 18,5
Arbre entier	$2{,}2460 \cdot 10^{-2}$	0,988	14,3	194,9	5,8 – 856,7
			Bouleau à papier (45 arbres)		
Bois du tronc	$1{,}6551 \cdot 10^{-2}$	0,965	9,8	133,0	9,1 – 293,6
Écorce du tronc	$3{,}0491 \cdot 10^{-3}$	0,926	13,2	25,0	1,3 – 48,6
Branches	$3{,}5654 \cdot 10^{-3}$	0,647	50,5	26,6	0,8 – 92,2
Rameaux et feuilles	$9{,}9420 \cdot 10^{-4}$	0,732	32,7	7,9	1,2 – 25,6
Arbre entier	$2{,}4160 \cdot 10^{-2}$	0,967	9,9	192,5	13,6 – 448,7
			Érable à sucre (17 arbres)		
Bois du tronc	$1{,}9116 \cdot 10^{-2}$	0,977	15,4	63,7	3,8 – 240,5
Écorce du tronc	$2{,}9076 \cdot 10^{-3}$	0,884	28,0	10,8	0,9 – 31,8
Branches	$6{,}5825 \cdot 10^{-3}$	0,789	77,4	17,4	0,2 – 124,7
Rameaux et feuilles	$1{,}4771 \cdot 10^{-3}$	0,898	35,7	4,8	0,2 – 22,7
Arbre entier	$3{,}0083 \cdot 10^{-2}$	0,985	13,5	96,7	6,2 – 419,7
			Érable rouge (24 arbres)		
Bois du tronc	$1{,}3709 \cdot 10^{-2}$	0,918	26,2	47,5	6,4 – 201,3
Écorce du tronc	$2{,}5096 \cdot 10^{-3}$	0,929	24,6	8,7	0,8 – 32,5
Branches	$3{,}3024 \cdot 10^{-3}$	0,308	102,9	12,5	1,9 – 75,8
Rameaux et feuilles	$1{,}1318 \cdot 10^{-3}$	0,630	46,6	4,4	0,9 – 15,7
Arbre entier	$2{,}0653 \cdot 10^{-2}$	0,909	26,4	73,1	10,2 – 274,4
			Chêne rouge (42 arbres)		
Bois du tronc	$1{,}6965 \cdot 10^{-2}$	0,962	13,1	217,2	5,4 – 647,5
Écorce du tronc	$3{,}1812 \cdot 10^{-3}$	0,835	21,7	43,7	1,0 – 103,0
Branches	$4{,}9538 \cdot 10^{-3}$	0,525	80,0	58,1	0,4 – 309,2
Rameaux et feuilles	$6{,}3716 \cdot 10^{-4}$	0,236	52,4	9,3	0,4 – 22,4
Arbre entier	$2{,}5737 \cdot 10^{-2}$	0,955	14,4	328,3	9,1 – 874,4
			Ostryer de Virginie (14 arbres)		
Bois du tronc	$1{,}5409 \cdot 10^{-2}$	0,947	23,8	12,1	3,0 – 48,1
Écorce du tronc	$1{,}4320 \cdot 10^{-3}$	0,593	45,2	1,4	0,6 – 3,9
Branches	$4{,}1465 \cdot 10^{-3}$	0,953	29,8	2,8	0,3 – 13,7
Rameaux et feuilles	$2{,}4322 \cdot 10^{-3}$	0,906	35,6	1,8	0,7 – 8,9
Arbre entier	$2{,}3420 \cdot 10^{-2}$	0,963	20,4	18,1	6,3 – 74,5

Remarque: Les équations sont sous la forme $MA = b_1 \cdot (dhpse)^2 \cdot h$.

La composition moyenne en essences des deux sous-classes qui comptaient 16 places-échantillons, figure au tableau 6(*a* et *b*). La masse anhydre par hectare de ces sous-classes est donnée au tableau 7(*a* et *b*). Comme on le voit, la masse du peuplement pour des arbres présentant un dhpse égal ou supérieur à 0,1 cm, est de 178 700 kg/ha (près de 179 tonnes métriques) pour la sous-classe qui comprend le Chêne rouge et le Bouleau à papier et de 140 520 kg/ha (environ 141 tonnes métriques) pour la sous-classe qui inclut le Tremble, l'Érable et le Bouleau à papier. Si l'on inclut les plantes ligneuses de

Tableau 3. Pourcentage de masse anhydre pour les arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm

	Bois du tronc		Écorce du tronc		Branches		Rameaux et feuilles		Arbre entier	
	En masse anhydre pour tout l'arbre									
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)		
Tremble	65,7	66,0	17,3	17,1	14,8	13,6	2,2	3,3	100,0	
Bouleau à papier	68,5	69,1	12,6	13,0	14,8	13,8	4,1	4,1	100,0	
Érable à sucre	63,5	65,9	9,7	11,1	21,9	18,0	4,9	5,0	100,0	
Érable rouge	66,4	65,0	12,1	11,9	16,0	17,1	5,5	6,0	100,0	
Chêne rouge	65,9	66,2	12,4	13,3	19,2	17,7	2,5	2,8	100,0	
Ostryer de Virginie	65,8	66,9	6,1	7,7	17,7	15,5	10,4	9,9	100,0	
	En masse anhydre pour le bois du tronc									
			(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Tremble	100,0		26,3	25,9	22,5	20,6	3,4	5,1	152,2	151,6
Bouleau à papier	100,0		18,4	18,8	21,5	20,0	6,0	5,9	145,9	144,7
Érable à sucre	100,0		15,2	17,0	34,4	27,3	7,7	7,5	157,3	151,8
Érable rouge	100,0		18,3	18,3	24,1	26,3	8,3	9,3	150,7	153,9
Chêne rouge	100,0		18,7	20,1	29,2	26,7	3,8	4,3	151,7	151,1
Ostryer de Virginie	100,0		9,3	11,6	26,9	23,1	15,8	14,9	152,0	149,6

(1) En appliquant les coefficients de régression. (2) En appliquant la formule $\Sigma Y/\Sigma X$.

Tableau 4. Rapports masse anhydre/masse verte des arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm

	Bois du tronc	Écorce du tronc	Branches	Rameaux et feuilles	Arbre entier	Nombre d'arbres
Tremble	0,564	0,637	0,538	0,462	0,567	40
Bouleau à papier	0,584	0,663	0,589	0,433	0,585	45
Érable à sucre	0,661	0,677	0,630	0,435	0,640	17
Érable rouge	0,605	0,606	0,602	0,485	0,595	24
Chêne rouge	0,552	0,690	0,619	0,484	0,576	42
Ostryer de Virginie	0,632	0,569	0,603	0,465	0,601	14

0,31 m à 1,30 m de hauteur, ces totaux s'élèvent à 179 117 kg/ha et 140 800 kg/ha, respectivement. Ils sont comparables aux 155 tonnes/ha (endo-épigées) que cite Young (1977), pour des peuplements feuillus du Maine ayant atteint leur maturité et aux 167 tonnes/ha des peuplements de Tremble du Minnesota cités par Alban *et al.* (1978).

D'après la distribution des masses par classe de dhpse 95 % et 90 % de la masse totale du peuplement est composée d'arbres de taille égale ou supérieure à 9,1 cm dans la sous-classe qui comprend le Chêne rouge et le Bouleau à papier et dans celle qui inclut le Tremble, l'Érable et le Bouleau à papier, respectivement. De plus, 50 % de la masse totale du peuplement est constituée d'arbres présentant un dhpse d'au moins 25,1 cm. Le tableau 7 montre que la contribution des petits arbres à la masse totale du peuplement est très faible. Par exemple, l'augmentation de la proportion d'arbres dans la sous-classe du Chêne rouge et du Bouleau à papier de 9,6 % à 100 % ne se traduira que par un accroissement de la proportion de masse de 95,1 % à 100 %. Voici un exemple du rapport qui existe entre le nombre d'arbres et la masse d'un peuplement (voir le tableau 7 en *a*): les arbres présentant un dhpse égal ou supérieur à 21,1 cm ne comptent que pour 3 % du nombre total d'arbres en partant du plus gros, mais constituent environ 66 % de la masse totale du peuplement.

La matière organique par mètre cube de peuplement (densité de la biomasse) déterminée pour les deux sous-classes à l'étude est de 1,021 kg/m^3 et de 0,803 kg/m^3 lorsque le dhpse est égal ou supérieur à 0,1 cm, ou de 0,904 kg/m^3 et de 0,662 kg/m^3 lorsqu'il est égal ou supérieur à 9,1 cm. W.D. Johnstone et E.B. Peterson[4] ont signalé des densités de biomasse allant de 0,54 kg/m^3 à 1,63 kg/m^3 pour des peuplements de *Peuplier* en Alberta.

[4] Communications personnelles, décembre 1978.

Tableau 5. Masse volumique moyenne du bois des arbres de diamètre à hauteur de poitrine sur écorce égal ou supérieur à 5,1 cm

	Masse volumique du bois (g/cm^3)	Nombre d'arbres	Nombre d'échantillons
Tremble	0,406 *(0,374)**	40 *(20)*	114
Bouleau à papier	0,535 *(0,506)*	45 *(16)*	160
Érable à sucre	0,633 *(0,597)*	17 *(19)*	42
Érable rouge	0,561 *(0,516)*	24 *(6)*	52
Chêne rouge	0,566 *(0,581)*	42 *(11)*	156
Ostryer de Virginie	0,652 *(0,652)*	14 *(6)*	28

*Les chiffres entre parenthèses ont été signalés par Jessome (1977).

Les résultats présentés dans le présent document peuvent servir à l'étude d'essences cultivées dans des conditions écologiques semblables à celles de la forêt expérimentale de l'Institut forestier national de Petawawa. Cependant, on pourrait obtenir des résultats applicables de façon plus générale en rassemblant le plus de données possibles sur une région plus étendue et en élaborant des relations de même type que celles qui précèdent. On procède actuellement de cette façon pour le Tremble et le Bouleau à papier de l'Ontario.

Enfin, le coefficient élevé de détermination et l'erreur type relativement faible sur les valeurs calculées permettent de conclure que les valeurs de la masse anhydre des différentes parties et de la totalité des arbres établies avec le modèle adopté (équation 6) concordent très bien avec les données obtenues. On a vérifié cette concordance en comparant les rapports masse anhydre des parties/masse anhydre de la totalité de l'arbre ou masse anhydre des parties/masse anhydre du tronc obtenus d'abord à partir des coefficients de régression puis avec la formule $\Sigma Y/\Sigma X$; les deux méthodes donnaient des résultats très semblables.

Tableau 6*a*. Composition moyenne de la sous-classe Chêne rouge–Bouleau à papier d'arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce est égal ou supérieur à 9,1 cm

	Surface terrière (%)	Nombre d'arbres (%)
Chêne rouge	45,1	31,2
Bouleau à papier	33,8	35,4
Érable à sucre	8,0	18,0
Grand tremble	6,4	4,7
Sapin baumier	1,5	2,5
Érable rouge	1,2	2,5
Ostryer de Virginie	0,4	1,3
Épinette blanche	0,2	0,3
Autres	3,4	4,1

Diamètre moyen:
Arbres de dhpse ⩾ 0,1 cm = 6,6 cm
Arbres de dhpse ⩾ 9,1 cm = 20,0 cm
Hauteur dominante moyenne pondérée par la surface terrière:
Arbres de dhpse ⩾ 0,1 cm = 17,5 m
Arbres de dhpse ⩾ 9,1 cm = 18,8 m

Note: La composition moyenne du peuplement a été calculée à partir de 11 parcelles.

Tableau 6*b*. Composition moyenne de la sous-classe Tremble–Érable–Bouleau à papier d'arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine sur écorce est égal ou supérieur à 9,1 cm

	Surface terrière (%)	Nombre d'arbres (%)
Tremble	54,7	50,6
Bouleau à papier	13,9	11,2
Érable rouge	9,7	11,2
Érable à sucre	8,5	11,8
Épinette blanche	5,5	5,3
Ostryer de Virginie	4,8	5,3
Sapin baumier	0,5	2,0
Autres	2,4	2,6

Diamètre moyen:
Arbres de dhpse ⩾ 0,1 cm = 5,6 cm
Arbres de dhpse ⩾ 9,1 cm = 18,8 cm
Hauteur dominante moyenne pondérée par la surface terrière:
Arbres de dhpse ⩾ 0,1 cm = 17,5 m
Arbres de dhpse ⩾ 9,1 cm = 19,1 m

Note: La composition moyenne du peuplement a été calculée à partir de 5 parcelles.

Tableau 7*a*. Distribution du nombre d'arbres et de la masse anhydre des arbres entiers en fonction de leur diamètre à hauteur de poitrine sur écorce pour la sous-classe Chêne rouge–Bouleau à papier

Diamètre à hauteur de poitrine sur écorce (cm)	Nombre moyen d'arbres/ha		Masse anhydre moyenne de l'arbre entier/ha	
	Nombre*	Nombre cumulatif (%)	Masse* (kg)	Masse cumulative (%)
0,1 – 1,0	5 000	100,0	500	100,0
1,1 – 3,0	1 850	43,4	900	99,7
3,1 – 5,0	660	22,4	1 600	99,2
5,1 – 7,0	290	14,9	2 400	98,3
7,1 – 9,0	177	11,6	3 350	97,0
9,1 – 11,0	140	9,6	4 600	95,1
11,1 – 13,0	116	8,0	6 500	92,5
13,1 – 15,0	100	6,7	8 200	88,9
15,1 – 17,0	87	5,6	9 850	84,3
17,1 – 19,0	75	4,6	11 100	78,8
19,1 – 21,0	65	3,75	12 200	72,6
21,1 – 23,0	55	3,01	13 100	65,8
23,1 – 25,0	47	2,39	13 800	58,5
25,1 – 27,0	40	1,86	14 100	50,8
27,1 – 29,0	32	1,41	13 500	42,9
29,1 – 31,0	25	1,05	12 300	35,3
31,1 – 33,0	20	0,77	11 100	28,4
33,1 – 35,0	15	0,54	9 700	22,2
35,1 – 37,0	11,4	0,37	8 400	16,8
37,1 – 39,0	8,4	0,24	7 000	12,1
39,1 – 41,0	6,3	0,15	5 900	8,2
41,1 – 43,0	4,6	0,08	5 100	4,9
43,1 – 45,0	–		–	
45,1 – 47,0	–		–	
47,1 – 49,0	–		–	
49,1 – 51,0	–		–	
51,1 – 53,0	2,3	0,03	3 500	2,0
Total	8 827		178 700	

Plantes ligneuses de taille ⩽ 1,30 m :
Groupe 1 (20 909 arbres/ha) = 167 kg/ha
Groupe 2 (11 364 arbres/ha) = 250 kg/ha

*Valeurs obtenues par interpolation sur la courbe (à main levée).

Tableau 7*b*. Distribution du nombre d'arbres et de la masse anhydre des arbres entiers en fonction de leur diamètre à hauteur de poitrine sur écorce pour la sous-classe Tremble–Érable–Bouleau à papier

Diamętre à hauteur de poitrine sur ècorce (cm)	Nombre moyen d'arbres/ha		Masse anhydre moyenne de l'arbre entier/ha	
	Nombre*	Nombre cumulatif (%)	Masse* (kg)	Masse cumulative (%)
0,1 – 1,0	5 700	100,0	570	100,0
1,1 – 3,0	2 400	45,5	1 900	99,6
3,1 – 5,0	850	22,5	3 000	98,2
5,1 – 7,0	450	14,4	3 900	96,1
7,1 – 9,0	300	10,1	4 650	93,3
9,1 – 11,0	200	7,2	5 350	90,0
11,1 – 13,0	125	5,3	5 900	86,2
13,1 – 15,0	85	4,1	6 400	82,0
15,1 – 17,0	64	3,28	6 900	77,4
17,1 – 19,0	51	2,67	7 300	72,5
19,1 – 21,0	42	2,18	7 700	67,3
21,1 – 23,0	35	1,78	8 050	61,8
23,1 – 25,0	29	1,44	8 350	56,1
25,1 – 27,0	25	1,16	8 550	50,2
27,1 – 29,0	21	0,92	8 600	44,1
29,1 – 31,0	18	0,72	8 500	38,0
31,1 – 33,0	15	0,55	8 300	32,0
33,1 – 35,0	12,6	0,41	8 100	26,1
35,1 – 37,0	10,9	0,29	7 800	20,3
37,1 – 39,0	9,1	0,19	7 500	14,7
39,1 – 41,0	–		–	
41,1 – 43,0	6,8	0,10	7 200	9,4
43,1 – 45,0	–		–	
45,1 – 47,0	–		–	
47,1 – 49,0	4,6	0,04	6 000	4,3
Total	10 454		140 520	

Plantes ligneuses de taille $\leqslant$ 1,30 m :
Groupe 1 (13 000 arbres/ha) = 104 kg/ha
Groupe 2 (8 000 arbres/ha) = 176 kg/ha

*Valeurs obtenues par interpolation sur la courbe (à main levée).

Références

Alban, D.H., D.A. Perola, et B.E. Schlaegel. 1978. Biomass and nutrient distribution in aspen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota. Can. J. For. Res. 8(3):290-299.

Alemdag, I.S. 1980. Manuel de collecte et de traitement des données pour l'établissement des relations de la biomasse forestière. Inst. for. natl. Petawawa, Chalk River, Ont., Rapport d'information PI-X-4(F).

Hills, G.A., et G. Pierpoint. 1960. Forest site evaluation in Ontario. Ont. Dep. Lands For., Res. Rep. No. 42, 63 pages.

Jessome, A.P. 1977. Strength and related properties of woods grown in Canada. Environ. Can., East. For. Prod. Lab., For. Technol. Rep. No. 21, 37 pages.

Kira, T., et T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. Jap. J. Ecol. 17(2):70-87.

Snedecor, G.W., et W.G. Cochran. 1971. Statistical methods. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 593 pages.

Stanek, W., et D. State. 1978. Equations predicting primary productivity (biomass) or trees, shrubs and lesser vegetation based on current literature. Environ. Can., Pac. For. Res. Cent., Inf. Rep. BC-X-183, 58 pages.

Young, H.E. 1977. Forest biomass inventory: The basis for complete tree utilization. Sch. For. Resour., Univ. Maine, Orono, Me., 12 pages.